

Optimisation d'un procédé d'étuvage adapté au fonio



Flidel G. ⁽¹⁾, Pivette C. ⁽¹⁾, Grabulos J. ⁽¹⁾, Fallet V. ⁽¹⁾, Boré Guindo F. ⁽²⁾, Tangara A. ⁽²⁾, Tangara K. ⁽²⁾, Coulibaly Sidibé S. ⁽²⁾
 (1) Cirad, UMR QualiSud, Montpellier, France
 (2) IER/Sotuba, BP 258, Bamako, Mali

L'étuvage est un procédé très ancien habituellement utilisé sur le riz et qui a pour avantage d'améliorer ses caractéristiques technologiques, culinaires et nutritionnelles. Son principe repose sur un traitement hydrothermique du riz paddy en milieu pauvre en eau. L'objectif de cette étude est d'adapter ce procédé au fonio, céréale d'Afrique de l'Ouest à grains vêtus minuscules en vue de proposer un produit à haute valeur ajoutée pour les marchés locaux et pour l'export.

Facteurs influents

Temps de trempage 1h à 7h
 Température de trempage 30°C
 Temps de cuisson 10 à 26 min
 Cuisson vapeur sous pression 0 à 0.4 bars

Caractéristiques mesurées

Rendement à l'usinage
 Taux de brisures

Couleur
 % Amidon gélatinisé
 Complexes amylose - lipides

Gonflement
 Consistance
 Couleur

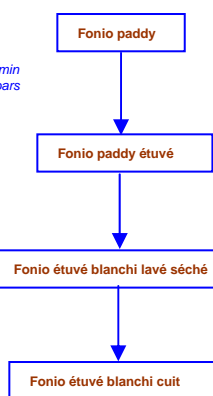


Diagramme étuvage

Nettoyage
 Trempage
 Cuisson
 Séchage

Décortiquage
 Blanchiment
 Lavage
 Séchage

Cuisson



Autoclave pour l'étuvage du fonio



Cuisson vapeur du fonio blanchi étuvé

Matériels et méthodes

Rendement à l'usinage : déterminé après décortiquage puis blanchiment au Satake du fonio paddy étuvé = 100 x masse de grains paddy étuvés / masse grains blanchis étuvés

Pourcentage d'amidon gélatinisé et formation de complexes amylose-lipides pendant l'étuvage : mesure d'une variation d'enthalpie à 80-85°C et à 110°C respectivement, par Calorimétrie Enthalpique Différentielle

Gonflement (en g d'eau absorbée pour 100 g de fonio cuit sec) : déterminé après trois cuissons successives à la vapeur précédée chacune d'une humidification du grain étuvé blanchi, puis déshydratation du grain cuit 24h à 100°C

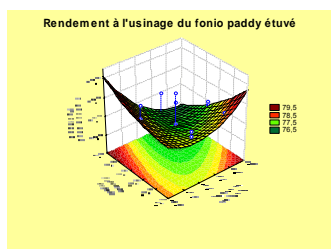
Consistance du fonio étuvé blanchi cuit : mesurée à l'Instron en évaluant la force d'extrusion (N) des grains cuits au travers d'une grille

Couleur des grains étuvés blanchis et cuits : déterminée par un chromamètre Minolta utilisant le système L, a, b

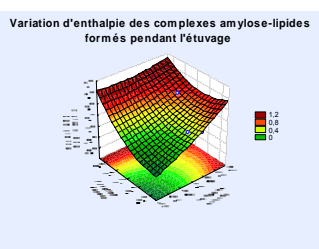
Résultats et discussions

Plan d'expérience Doelhart

Un plan d'expérience Doelhart à trois facteurs, 3, 5, 7 niveaux et 15 essais incluant trois répétitions au point central, a été réalisé pour étudier l'effet des paramètres influents sur la qualité du produit et préciser les conditions optimales d'étuvage. Trois facteurs indépendants ont été choisis : le temps de trempage, le temps de cuisson et la pression de cuisson vapeur, la température de trempage étant fixée à 30°C. Le modèle proposé lie les réponses Y aux facteurs X par un polynôme du second degré selon la formule $Y = \sum a_i X_i + \sum a_{ij} X_i^2 + \sum a_{ijk} X_i X_j X_k$ ou a_i sont les effets linéaires des facteurs, a_{ij} les effets quadratiques et a_{ijk} les interactions des facteurs. L'analyse statistique du plan d'expérience avec Statistica® a permis de déterminer pour chaque réponse le coefficient de régression R^2 l'effet linéaire et quadratique des différents facteurs, les interactions entre eux et leur significativité ($p < 0,05$).



Courbes de surface de réponse pour le rendement à l'usinage et les complexes amylose-lipides



© Flidel G.

Facteurs influents

Les rendements à l'usinage des produits étuvés sont plus élevés que celui du fonio non étuvé (76,5-79,1% comparés à 71,7%) avec un effet quadratique positif significatif de la pression vapeur présentant un minimum dans le domaine expérimental.

L'étuvage affecte la couleur du grain blanchi qui devient plus foncée. Le temps de trempage a un effet linéaire négatif sur la clarté L qui diminue de 71,1 à 52,2-62,6 et positif sur la chromaticité a qui augmente. Après cuisson le grain s'éclaircit mais reste légèrement plus foncé qu'un grain cuit non étuvé. Il gonfle plus, ce qui n'est pas le cas pour le riz.

64 à 99% de l'amidon du grain est gélatinisé pendant l'étuvage. Cette variable est négativement influencée par l'effet linéaire du temps de trempage et de la pression vapeur. Une interaction négative entre ces deux facteurs indique que des pourcentages élevés peuvent être obtenus avec un long temps de trempage et une pression faible et vice versa.

Selon les conditions d'étuvage, des complexes amylose-lipides peuvent se former. Leur présence et leur importance identifiées au cours de leur fusion à 110°C est un signe de qualité pour un grain étuvé. Les complexes se forment avec la pression d'étuvage (effet linéaire et quadratique positifs) mais également sans pression vapeur à condition que les temps d'étuvage soient suffisamment longs.

Optimisation

Une fonction de désirabilité a été utilisée avec Statistica® pour calculer une optimisation numérique simultanée de plusieurs réponses : rendement à l'usinage élevé, variation d'enthalpie élevée à 110°C, consistance moelleuse et gonflement élevé. Le profil de désirabilité incluant ces variables répond à 94%.

Conditions optimales d'étuvage

Temps de trempage (à 30°C)	Temps d'étuvage	Pression d'étuvage
3 h 47	26 min	0 bar

Tests d'étuvage dans des conditions locales contrôlées

Des tests d'étuvage ont été conduits en parallèle dans des conditions locales contrôlées sur des plus grandes quantités de grains (5kg) pour compléter les essais en laboratoire. L'effet du temps de trempage, du PH et de la température de l'eau de trempage ainsi que celui de la variété ont été étudiés sur l'humidité du grain paddy et la couleur du grain blanchi.

L'acidification de l'eau de trempage (de PH 7 à PH 3 avec de l'acide citrique) n'entraîne pas une réduction significative de la couleur du fonio étuvé blanchi. Un temps de trempage de 4-5 h à 20-25°C suffit pour hydrater le paddy jusqu'à une teneur en eau de 32-35 % nécessaire à un étuvage. Un trempage toute la nuit plus pratique à réaliser en entreprise pour une cuisson et un séchage la journée suivante, peut affecter significativement la couleur du produit blanchi. Parmi les variétés analysées, certaines se sont avérées plus aptes à l'étuvage.

Conclusions et perspectives

Les essais vont se poursuivre dans les conditions locales sur des plus grandes quantités de grains (30 à 60 kg) en utilisant l'étuveuse Cirad/PASAL habituellement utilisée sur le riz et qui sera adaptée au fonio. Le procédé sera ensuite transféré dans des petites entreprises locales.



Essais d'étuvage en milieu réel contrôlé

Références :

FLIDEL G., DRAME D. 2004. Analyse des caractéristiques technologiques et culinaires du fonio. Rapport de synthèse. Projet CFC/IGG/FIGG02 "Amélioration des technologies post-récolte du fonio". Editeurs CFC/CIRAD: J.F. Cruz & D. Drané - Coordonnateurs. 17p.
 FLIDEL G., DRAME D., DURY S., BLANCHER S., BORE GUINDO F., MAROUZE C., MEOT J.M., GRABULOS J., RIVIER M., CRUZ J.F. 2007. WP1 First annual report. Diversification of fonio products for niche export and local markets. FONIO project. 16 p.



WAGENINGEN UNIVERSITY
 WAGENINGEN UR

